

P A T E N T

Atty. Dkt
032405R165

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Toshimichi Ogisu

Serial No.: To Be Assigned

Examiner: Unassigned

Filed: Herewith

Group Art Unit: Unassigned

For: COMPOSITE MATERIAL AND METHOD OF
MANUFACTURING THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

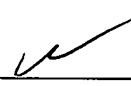
Sir :

The above-referenced patent application claims priority benefit from the foreign patent application listed below:

Application No. 2003-057204, filed in JAPAN on March 4, 2003

In support of the claim for priority, attached is a certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,
SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP



Dennis C. Rodgers, Reg. No. 32,936
1850 M Street, NW – Suite 800
Washington, DC 20036
Telephone : 202/263-4300
Facsimile : 202/263-4329

Date : March 3, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

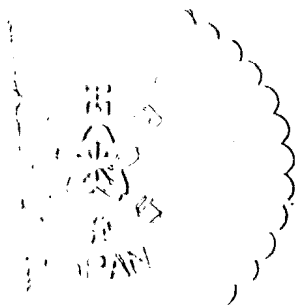
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 4]

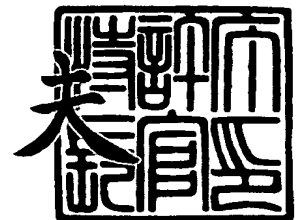
出 願 人 富 士 重 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 2 月 2 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 7 8 6 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 Y1020816

【提出日】 平成15年 3月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B32B 15/00
G01N 27/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号 富士重工業株式会
社内

【氏名】 萩巢 敏充

【特許出願人】

【識別番号】 599168774

【氏名又は名称】 財団法人 次世代金属・複合材料研究開発協会

【代理人】

【識別番号】 100090033

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 博司

【選任した代理人】

【識別番号】 100093045

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 良男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 027188

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 複合材及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

繊維配列方向が異なる複数の繊維強化樹脂層が積層された繊維強化樹脂層部と

、前記繊維強化樹脂層部間に配置される構造用金属材料からなる金属層と、

前記金属層と前記繊維強化樹脂層部とを接着する樹脂層と、

を備えることを特徴とする複合材。

【請求項 2】

前記金属層を形状記憶合金から構成し、

前記樹脂層及び前記繊維強化樹脂層部を、前記金属層に予めひずみを与えた状態で積層したことを特徴とする請求項 1 に記載の複合材。

【請求項 3】

前記繊維強化樹脂層部を、 n 層の繊維強化樹脂層で構成し、

前記繊維強化樹脂層間の繊維配列方向の最小角度が、 $(180/n)^{\circ}$ をなすように繊維強化樹脂層を積層したことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の複合材。

【請求項 4】

前記繊維強化樹脂層部は、

前記金属層の所定方向に対して直交する方向に延びるように繊維が配列された第 1 の繊維強化樹脂層と、

前記第 1 の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に対して -45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第 2 の繊維強化樹脂層と、

前記第 2 の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に沿って延びるように繊維が配列された第 3 の繊維強化樹脂層と、

前記第 3 の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に対して 45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第 4 の繊維強化樹脂層と、

を有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の複合材。

【請求項 5】

形状記憶合金箔にひずみを与え、
当該形状記憶合金箔の両面にそれぞれ樹脂層を積層し、
前記樹脂層に複数層にわたって未硬化の繊維強化樹脂層を積層し、
前記形状記憶合金箔の長さが変化しないように両端を固定し、
前記形状記憶合金箔を加熱して前記樹脂層と前記繊維強化樹脂層を硬化させる
ことを特徴とする複合材の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、繊維強化樹脂複合材及びその製造方法に関し、詳しくは、内部に予め永久歪を与えた形状記憶合金を内蔵した繊維強化樹脂複合材に関する。

【0002】**【従来の技術】**

近年、次世代航空機や高速車両の構造材として用いられる複合材の開発が盛んになってきており、軽量かつ高強度の複合材が提案されている。

その一例として、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) 複合材料積層板に、常温で予めひずみを与えられた形状記憶合金箔を埋め込み、その形状記憶合金箔に通電もしくは外部より加熱することにより、形状記憶合金箔の形状回復機能を損傷抑制機能として利用して損傷部位を修復させることができる複合材が提案されている（例えば、特許文献1 参照）。

【0003】**【特許文献1】**

特開 2000-334888 号公報

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、特許文献1 に記載の複合材の構造は、複合炭素繊維（以下、CFRP という）層間に形状記憶合金箔が埋め込まれているとともに、CFRP 層は2 層

で構成されている。この場合、複合材全体の体積に占める形状記憶合金箔の体積の比率が比較的高く、形状記憶合金箔はCFRPよりも密度が高いため、複合材の更なる軽量化を図るための障害となっていた。

【0005】

本発明は、前記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、従来の複合材に比べて軽量化を図りながら強度を向上させ、損傷抑制効果の高い複合材及び複合材の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、繊維配列方向が異なる複数の繊維強化樹脂層が積層された繊維強化樹脂層部と、前記繊維強化樹脂層部間に配置される構造用金属材料からなる金属層と、前記金属層と前記繊維強化樹脂層部とを接着する樹脂層と、を備えることを特徴とする。

ここで、構造用金属材料とは、構造物の構造材として用いることができる強度を有する金属のことをいう。したがって、構造物によって要求される強度は異なるため、金属層に用いることができる金属材料も変わることとなる。

【0007】

請求項1に記載の発明によれば、樹脂層自身が複合材の損傷発生ひずみの向上に寄与することはもちろん、樹脂層が金属層と繊維強化樹脂層部との接着性を高めることにより、複合材をより一体化させることができ、従来に比べて損傷抑制効果を高めることができる。

【0008】

請求項2に記載の発明は、前記金属層を形状記憶合金から構成し、前記樹脂層及び前記繊維強化樹脂層部を、前記金属層に予めひずみを与えた状態で積層したことを特徴とする。

【0009】

請求項2に記載の発明によれば、形状記憶合金から構成される金属層が元の形状に復元しようとする、金属層に積層された樹脂層及び繊維強化樹脂層部は、金属層に作用する復元力を同時に受けることとなる。そのため、金属層が復元し

たときには、樹脂層及び繊維強化樹脂層部は復元力が作用した状態となる。よって、復元力が作用する向きと反対方向に外力が加わった場合に、その外力は復元力と相殺し合うので、各層に損傷が発生する限界応力を高めることができる。

【0010】

請求項3に記載の発明は、前記繊維強化樹脂層部を、 n 層の繊維強化樹脂層で構成し、前記繊維強化樹脂層間の繊維配列方向の最小角度が、 $(180/n)^{\circ}$ をなすように繊維強化樹脂層を積層したことを特徴とする。

【0011】

請求項3に記載の発明によれば、繊維強化樹脂層部の各層は積層される層数に応じて均等な角度で配置されることとなり、構成された層数で最も一様に強度を発揮させることができる。すなわち、特定の方向だけが強化されることがなくなるので、複合材として好適な構造とすることができる。

【0012】

請求項4に記載の発明は、前記繊維強化樹脂層部は、前記金属層の所定方向に対して直交する方向に延びるように繊維が配列された第1の繊維強化樹脂層と、前記第1の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に対して -45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第2の繊維強化樹脂層と、前記第2の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に沿って延びるように繊維が配列された第3の繊維強化樹脂層と、前記第3の繊維強化樹脂層に積層され、前記金属層の所定方向に対して 45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第4の繊維強化樹脂層と、を有することを特徴とする。

ここで、所定方向とは、複合材に負荷が主に作用する方向をいう。

【0013】

請求項4に記載の発明によれば、第1の繊維強化樹脂層から第4の繊維強化樹脂層がそれぞれ 45° で配置され、繊維強化樹脂層部は4方向に対して強化される。よって、4層で構成された繊維強化樹脂層部の中で最も一様に強度を発揮させることができる。すなわち、特定の方向だけが強化されることがなくなるので、複合材として好適な構造とすることができる。

【0014】

請求項 5 に記載の発明は、形状記憶合金箔にひずみを与え、当該形状記憶合金箔の両面にそれぞれ樹脂層を積層し、前記樹脂層に複数層にわたって未硬化の繊維強化樹脂層を積層し、前記形状記憶合金箔の長さが変化しないように両端を固定し、前記形状記憶合金箔を加熱して前記樹脂層と前記繊維強化樹脂層を硬化させることを特徴とする。

【0015】

請求項 5 に記載の発明によれば、形状記憶合金箔が加熱されることにより元の形状に復元しようとする、形状記憶合金箔に積層された樹脂層及び繊維強化樹脂層は、形状記憶合金箔に作用する復元力を同時に受けることとなる。そのため、形状記憶合金箔が復元したときには、樹脂層及び繊維強化樹脂層は復元力が作用した状態となる。よって、復元力が作用する向きと反対方向に外力が加わった場合に、その外力は復元力と相殺し合うので、各層に損傷が発生する限界応力を高めることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る実施の形態における複合材及び複合材の製造方法について詳細に説明する。

複合材 10 は、図 1 に示すように、構造用金属材料からなる金属層 1 と、この金属層 1 の両面にそれぞれ積層された樹脂層 2 と、この樹脂層 2 に複数の繊維強化樹脂層 31～34 が積層されて形成された繊維強化樹脂層部 3 と、を備えている。

【0017】

金属層 1 は、構造用金属材料としての形状記憶合金から構成されている。ここで、形状記憶合金としては、例えば、Ti-50.2%Ni 形状記憶合金（以下、SMA という）が用いられ、この SMA は、加熱することにより元の結晶構造状態に復元するものである。

樹脂層 2 は、金属層 1 と繊維強化樹脂層部 3 との間に介在し、金属層 1 と繊維強化樹脂層部 3 との接着力を高めるとともに、自らも複合材 10 の強度を高める役割を果たしている。ここで、樹脂としては、例えば、エポキシ系樹脂のフィル

ム接着剤が用いられる。

【0018】

繊維強化樹脂層部 3 は、金属層 1 に負荷が主に作用する方向（図 1 においては、紙面に対して左右方向）に対して直交する方向に延びるように繊維が配列された第 1 の繊維強化樹脂層 3 1 と、第 1 の繊維強化樹脂層 3 1 に積層され、金属層 1 に負荷が主に作用する方向に対して -45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第 2 の繊維強化樹脂層 3 2 と、第 2 の繊維強化樹脂層 3 2 に積層され、金属層 1 に負荷が主に作用する方向に沿って延びるように繊維が配列された第 3 の繊維強化樹脂層 3 3 と、第 3 の繊維強化樹脂層 3 3 に積層され、金属層 1 に負荷が主に作用する方向に対して 45° をなす方向に延びるように繊維が配列された第 4 の繊維強化樹脂層 3 4 と、を有する。ここで、繊維としては、例えば、炭素繊維が用いられる。

【0019】

（実施例）

次に、複合材 10 及び複合材 10 の製造方法について、試験例をあげて説明する。

〔供試体の製造方法〕

試験に用いた金属層 1 としての SMA は、 0.04 mm と 0.1 mm の 2 種類の厚さの箔をそれぞれ一層用いた。また、供試体 S の形状を図 2 に示す。供試体 S の寸法は、長さ 250 mm 、幅 35 mm 、板厚は繊維強化樹脂層部 3 のみで約 1.6 mm 、金属層 1 を設けた場合は、約 $1.85 \sim 1.95\text{ mm}$ である。金属層 1 として用いる SMA は、接着特性向上のため、表 1 の材料に圧延の際付着した酸化皮膜を、 3% フッ酸 - 15% 硝酸を用いて酸洗除去及び表面粗化後、 10% NaOH による陽極酸化処理を施して新規の酸化皮膜を生成させたものを用いた。供試体 S 作成の際には、この SMA の表面を溶剤で完全に洗浄し、図 3 に示すように、SMA に与えるひずみを拘束可能な専用治具 20 を用いて樹脂層 2 及び繊維強化樹脂層部 3 を積層し、 180°C の環境下に 120 分間さらして成形硬化させた。成形後、タブ接着トリム加工を施し、図 2 に示すような供試体 S に仕上げた。

【0020】

[試験方法]

本試験における供試体Sは、繊維強化樹脂層部3のみ（1種類）、繊維強化樹脂層部3と樹脂層2（1種類）、繊維強化樹脂層部3と樹脂層2とSMA（1種類）、繊維強化樹脂層部3と樹脂層2と2%のひずみを与えたSMA（2種類）を用い、それぞれの供試体Sに対して常温、80℃の温度の環境下で試験を行い、合計10種類の条件で試験を行った。表1に、供試体Sの積層構成、板厚、SMA体積率、試験温度を示す。

【0021】

表1に示す比較例としてのタイプAの供試体Sは、繊維強化樹脂層部3のみを積層したものであり、室温下で試験するタイプA1の供試体Sと、80℃下で試験するタイプA2の供試体Sとがある。第1実施例としてのタイプBの供試体Sは、隣接する繊維強化樹脂層部3の間に樹脂層2を積層したものであり、室温下で試験するタイプB1の供試体Sと、80℃下で試験するタイプB2の供試体Sとがある。第2実施例としてのタイプCの供試体Sは、隣接する繊維強化樹脂層部3の間に樹脂層2を介して0.04mmの金属層1を積層したものであり、室温下で試験するタイプC1の供試体Sと、80℃下で試験するタイプC2の供試体Sとがある。第3実施例としてのタイプDの供試体Sは、隣接する繊維強化樹脂層部3の間に樹脂層2を介して、事前に2%のひずみを付与した0.04mmの金属層1を積層したものであり、室温下で試験するタイプD1の供試体Sと、80℃下で試験するタイプD2の供試体Sとがある。第4実施例としてのタイプEの供試体Sは、隣接する繊維強化樹脂層部3の間に樹脂層2を介して、事前に2%のひずみを付与した0.1mmの金属層1を積層したものであり、室温下で試験するタイプE1の供試体Sと、80℃下で試験するタイプE2の供試体Sとがある。

【0022】

表1に示す10種類の供試体Sを用いて、負荷－除荷試験を行った。試験は、供試体Sを引張試験機にセットし、0.2%から破断まで0.05～0.2%の負荷ひずみ間隔でひずみを上昇させながら決められたひずみを負荷した。供試体

S のひずみは、ひずみゲージからの出力を動ひずみ計により取得し、供試体 S の損傷検知には浸透探傷試験方法を適用した。

【表 1】

	タイプ	試供体の積層構造	試供体の厚さ	SMA 体積率	試験 温度
比較例	A 1	45/0/-45/90	1.6	0	室温
	A 2	45/0/-45/90	1.6	0	80°C
第 1 実施例	B 1	45/0/-45/90/Ad	1.85	0	室温
	B 2	45/0/-45/90/Ad	1.85	0	80°C
第 2 実施例	C 1	45/0/-45/90/Ad/SMA (厚さ 0.04mm)/Ad/90/-45/0/45	1.89	2.1	室温
	C 2	45/0/-45/90/Ad/SMA (厚さ 0.04mm)/Ad/90/-45/0/45	1.89	2.1	80°C
第 3 実施例	D 1	45/0/-45/90/Ad/SMA (事前に 2% ひずみ付与、厚さ 0.04mm)/Ad/90/-45/0/45	1.89	2.1	室温
	D 2	45/0/-45/90/Ad/SMA (事前に 2% ひずみ付与、厚さ 0.04mm)/Ad/90/-45/0/45	1.89	2.1	80°C
第 4 実施例	E 1	45/0/-45/90/Ad/SMA (事前に 2% ひずみ付与、厚さ 0.1mm)/Ad/90/-45/0/45	1.95	5.1	室温
	E 2	45/0/-45/90/Ad/SMA (事前に 2% ひずみ付与、厚さ 0.1mm)/Ad/90/-45/0/45	1.95	5.1	80°C

【0023】

[トランスバースクラックの発生について]

図4及び図5に試験結果を示す。これは、タイプAの試験結果をベースに、タイプBを用いて樹脂層2の影響を確認した。更に、タイプCでSMAからなる金属層1の影響、タイプDでSMAに2%のひずみを与えたときの効果、復元力の効果を確認した後、タイプEで金属層1の厚さを2.5倍としたときの損傷抑制効果、復元特性を確認した。

【0024】

図4に示すように、タイプA1では0.67%、タイプA2では0.65%ひずみで第1の繊維強化樹脂層31にトランスバースクラックが発生した。この差は、加熱による材料特性の劣化を示している。タイプBでは、タイプAとほぼ同等の結果が得られ、変化は見られなかった。タイプC1では、室温で0.7%であったクラック発生ひずみがタイプC2に見られるように、加熱によって0.75%にまでトランスバースクラック発生ひずみが改善された。これは、SMAのオーステナイト変態による剛性向上の効果によるものであると考えられる。更に、タイプD1では、室温で0.84%であったクラック発生ひずみがタイプD2に見られるように、加熱によって0.89%にまでトランスバースクラック発生ひずみが改善された。また、タイプE1では、室温で0.89%であったクラック発生ひずみがタイプE2に見られるように、加熱によって0.95%にまでトランスバースクラック発生ひずみが改善された。

【0025】

以上の結果から、SMAからなる金属層1を設けたことにより、トランスバースクラックひずみが改善されていることがわかる。

また、金属層1を設けた場合でも、事前に金属層1にひずみを付与しないタイプCに比べて、事前に金属層1に2%のひずみを付与したタイプDの方がよりトランスバースクラック発生ひずみが改善されていることがわかる。更に、金属層1の厚さが0.04mmのタイプDに比べて、金属層1の厚さを0.1mmとしたタイプEの方がよりトランスバースクラック発生ひずみが改善されていることがわかる。

【0026】

図5に示すように、負荷ひずみ1.1%におけるタイプAでは、タイプA1のトランスバースクラック発生密度は8.1/cm、タイプA2においては10.6/cmであった。また、タイプBでは、タイプB1のトランスバースクラック発生密度はタイプA1に比べて約30%減少して5.5/cm、タイプB2においては、タイプA1に比べて約20%減少して8.6/cmとなった。タイプC1では、タイプA1に比べて約30%減少して5.7/cm、タイプC2においては、タイプA1に比べて約30%減少して7.3/cmとなった。更に、タイプD1では、タイプA1に比べて約40%減少して4.9/cm、タイプD2においては、タイプA1に比べて約50%減少し5.6/cmとなった。また、タイプE1では、タイプA1に比べて約86%減少し1.15/cm、タイプE2においては、タイプA1に比べて約57%減少し4.55/cmとなった。

【0027】

以上の結果から、繊維強化樹脂層部3のみからなる複合材に比べて、樹脂層2を積層した複合材の方がトランスバースクラック発生密度が減少し、更には、樹脂層2と金属層1を積層することにより、よりトランスバースクラック発生密度を減少させることができる。また、金属層1を設けた場合でも、事前に金属層1にひずみを付与しないタイプCに比べて、事前に金属層1に2%のひずみを付与したタイプDの方がよりトランスバースクラック発生密度が減少していることがわかる。更に、金属層1の厚さが0.04mmのタイプDに比べて、金属層1の厚さを0.1mmとしたタイプEの方がよりトランスバースクラック発生密度が減少していることがわかる。

【0028】

[デラミネーションの発生について]

図4に示すように、タイプA1のデラミネーション発生ひずみは0.77%、タイプA2においては0.83%であった。また、タイプBでは、デラミネーション発生ひずみはタイプA1に比べて大幅に改善され、タイプB1及びタイプB2ともに1.2%のひずみを超えても発生しなかった。なお、図4においては、1.2%ひずみ以上でデラミネーションが発生しない場合には、便宜上デラミネーション発生ひずみを1.3%とした。タイプC1では、1%で発生するまでに

低下したが、タイプC 2においては1. 3 %となった。更に、タイプD 1では、1. 1 %での発生まで特性が改善され、タイプD 2においては1. 3 %となった。更に、タイプE 1及びタイプE 2ともに1. 3 %となり、負荷ひずみ1. 2 %でデラミネーションが全く発生しないという結果が得られた。

【0 0 2 9】

以上の結果から、繊維強化樹脂層部3のみからなる複合材に比べて、樹脂層2や金属層1を積層した複合材の方が、デラミネーション発生ひずみを改善することができる。また、金属層1を設けた場合でも、事前に金属層1にひずみを付与しないタイプCに比べて、事前に金属層1に2 %のひずみを付与したタイプDの方がよりデラミネーション発生ひずみが改善されていることがわかる。更に、金属層1の厚さが0. 0 4 mmのタイプDに比べて、金属層1の厚さを0. 1 mmとしたタイプEの方がよりデラミネーション発生ひずみが改善されていることがわかる。

【0 0 3 0】

前記の結果をまとめたものを図6に示す。このグラフより、損傷抑制効果が高いのは、事前にひずみを与えたSMAからなる金属層1と樹脂層2と繊維強化樹脂層部3を設けたタイプD又はタイプEの供試体Sであることがわかる。また、この構造を有する供試体Sの中でもSMAの厚さが0. 1 mmのタイプEの供試体Sがより好適であることがわかる。

【0 0 3 1】

ここで、ビデオスコープによる供試体Sの観察結果を示して、従来の複合材10との比較を行う。

タイプAの供試体Sにおいては、図7に示すように、負荷ひずみが0. 6 5 %でトランスバースクラックが発生し、0. 8 %では9 0°層の上下に貫通するトランスバースクラックに成長するとともにデラミネーションに進展し、1. 0 %では、明らかなデラミネーションが観察される。

一方、金属層1と樹脂層2と繊維強化樹脂層部3とからなるタイプCの供試体Sにおいては、図8に示すように、負荷ひずみが0. 7 5 %でトランスバースクラックが発生し、0. 9 5 %では9 0°層の上下に貫通するトランスバースクラ

ックに成長し、1.0%ではデラミネーションが発生していることがわかる。

以上の結果より、SMAからなる金属層1に事前にひずみを与えた状態で樹脂層2及び繊維強化樹脂層部3を積層し、金属層1を加熱して元の形状に復元させることにより、従来の複合材に比べて損傷を大幅に抑制できる。

【0032】

従って、本実施の形態における複合材10及び複合材10の製造方法によれば、樹脂層2自身が複合材10の強度の向上に寄与することはもちろん、樹脂層2が金属層1と繊維強化樹脂層部3との接着性を高めることにより、複合材10をより一体化させることができ、複合材10の強度を高めることができ、従来に比べて損傷抑制効果を高めることができる。

【0033】

また、金属層1をSMAから構成することにより、金属層1が加熱されることにより元の形状に復元しようとする、金属層1に積層された樹脂層2及び繊維強化樹脂層部3は、金属層1に作用する復元力を同時に受けることとなる。そのため、金属層1が復元したときには、樹脂層2及び繊維強化樹脂層部3は復元力が作用した状態となる。よって、復元力が作用する向きと反対方向に外力が加わった場合に、その外力は復元力と相殺し合うので、各層に損傷が発生する限界応力を高めることができる。

【0034】

また、第1の繊維強化樹脂層31から第4の繊維強化樹脂層34がそれぞれ45°で配置されることにより、繊維強化樹脂層部3は4方向に対して強化される。よって、4層で構成された繊維強化樹脂層部3の中で最も一様に強度を発揮させることができる。すなわち、特定の方向だけが強化されることがなくなるので、複合材10として好適な構造とすることができる。

【0035】

なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではない。例えば、本実施の形態においては、繊維強化樹脂層部3を4層で構成したが、6層や8層としてもよい。この場合、6層であれば、第1の繊維強化樹脂層から第6の繊維強化樹脂層をそれぞれ30°で配置すればよく、8層であれば、第1の繊維強化樹脂層か

ら第 8 の繊維強化樹脂層をそれぞれ 2 2 . 5 ° で配置すればよい。また、金属層 1 に用いた SMA は、加熱して復元するものに限らず、時間経過により復元するものでもよい。その他、発明の要旨を変更しない範囲において適宜置換、変更が可能である。

【 0 0 3 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、樹脂層自身が複合材の強度の向上に寄与することはもちろん、樹脂層が金属層と繊維強化樹脂層部との接着性を高めることにより、複合材をより一体化させることができ、複合材の強度を高めることができ、従来に比べて損傷抑制効果を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態における複合材の斜視図である。

【図 2】

(a) は供試体の平面図、 (b) は供試体の側面図である。

【図 3】

複合材の製造についての説明図である。

【図 4】

積層構造の異なるタイプの供試体による損傷特性の比較を示す図である。

【図 5】

積層構造の異なるタイプの供試体による負荷ひずみと損傷特性との関係を示す図である。

【図 6】

積層構造の異なるタイプの供試体による損傷特性の比較を示す図である。

【図 7】

従来の複合材におけるトランスバースクラック発生及びデラミネーション発生の過程を示す説明図である。

【図 8】

本発明の複合材におけるトランスバースクラック発生及びデラミネーション発

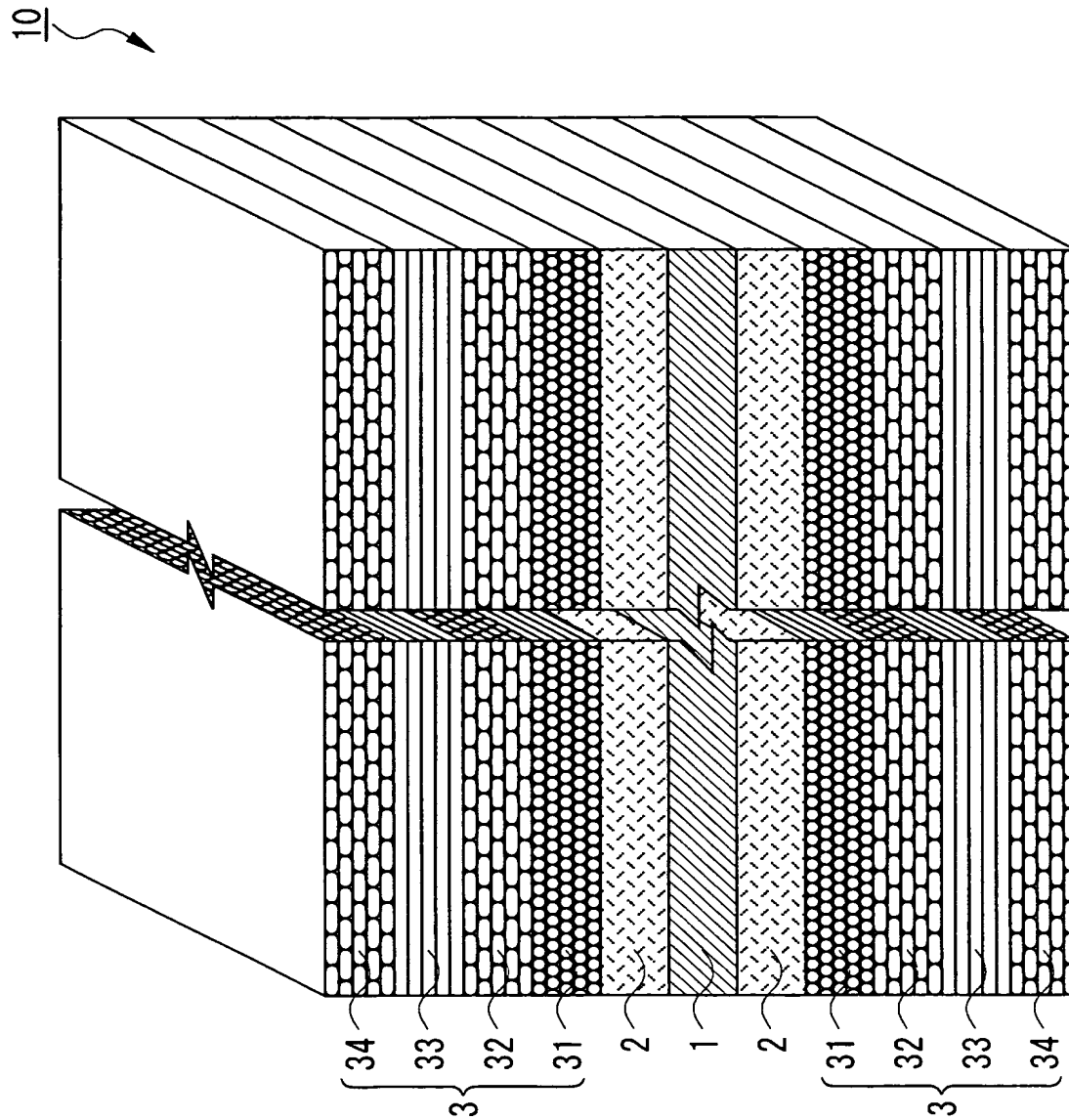
生の過程を示す説明図である。

【符号の説明】

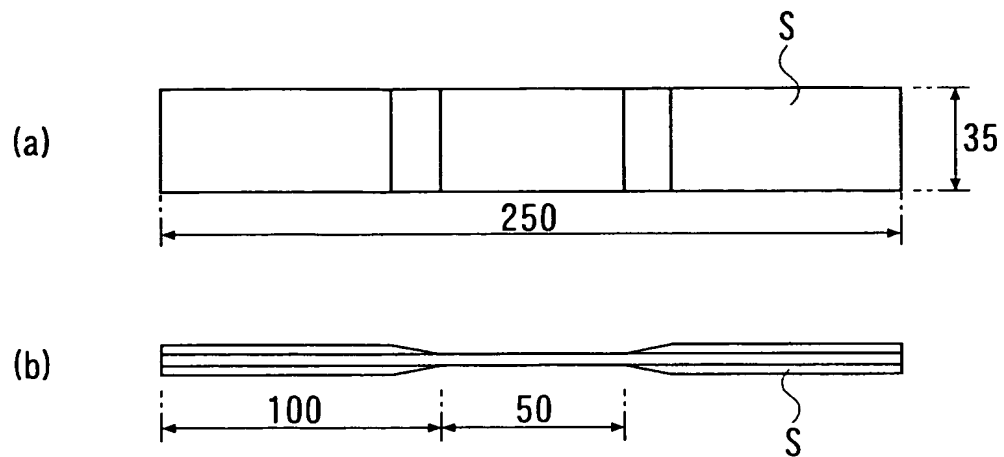
- 1 金属層
- 2 樹脂層
- 3 繊維強化樹脂層部
- 3 1 第 1 の繊維強化樹脂層
- 3 2 第 2 の繊維強化樹脂層
- 3 3 第 3 の繊維強化樹脂層
- 3 4 第 4 の繊維強化樹脂層
- 1 0 複合材

【書類名】 図面

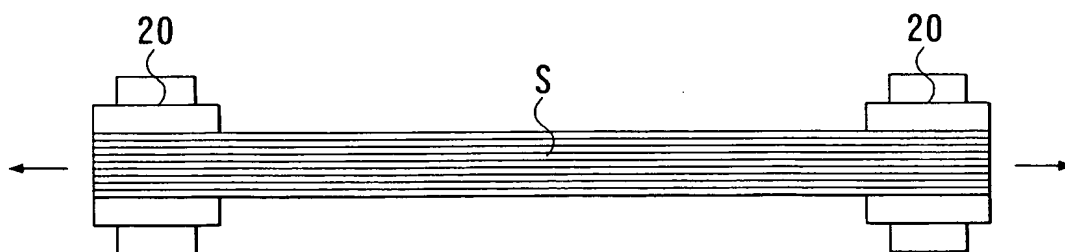
【図 1】



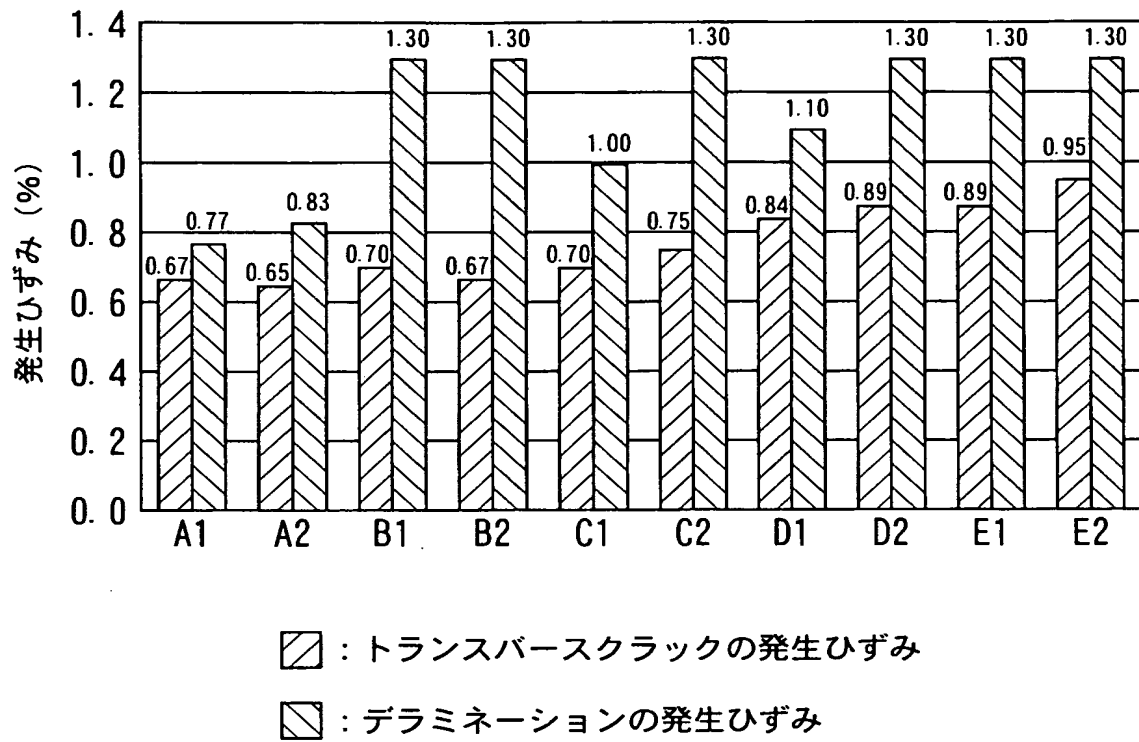
【図 2】



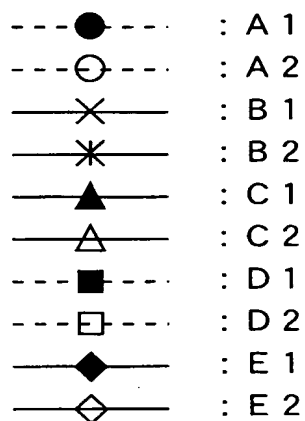
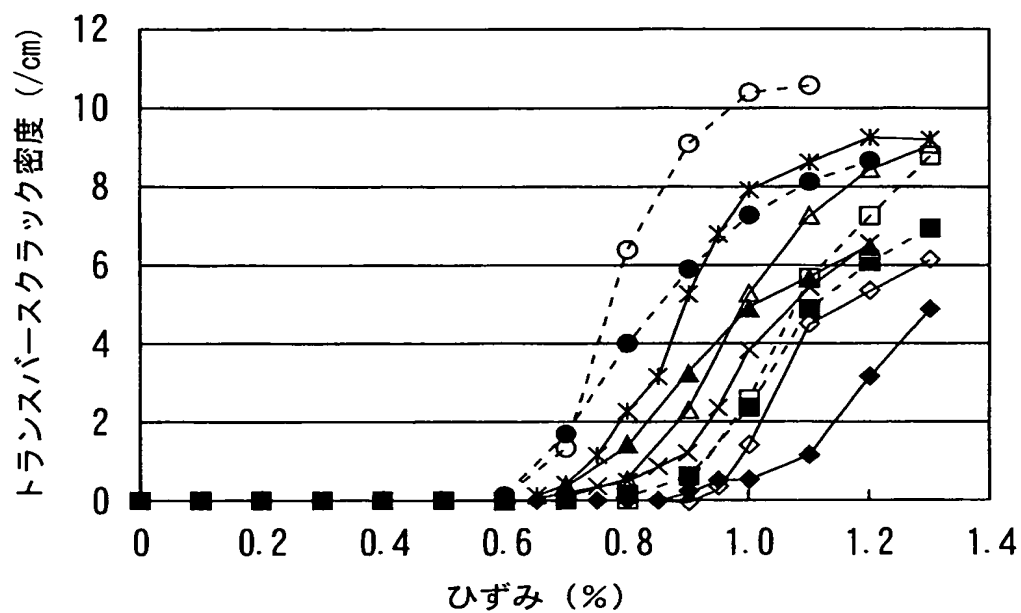
【図 3】



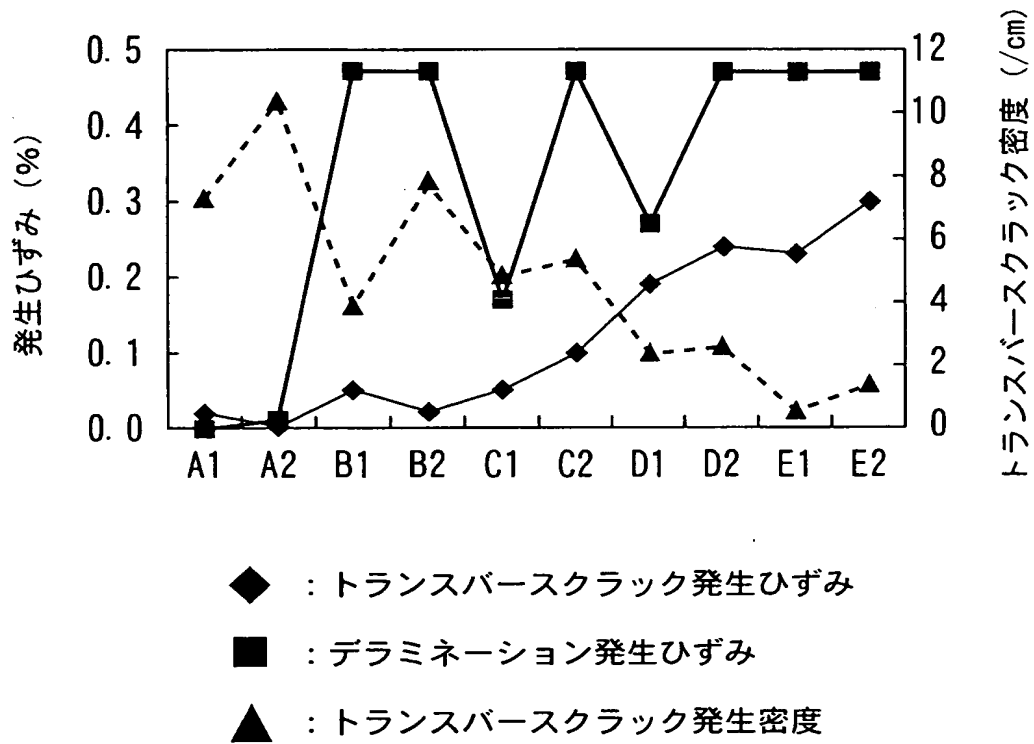
【図 4】



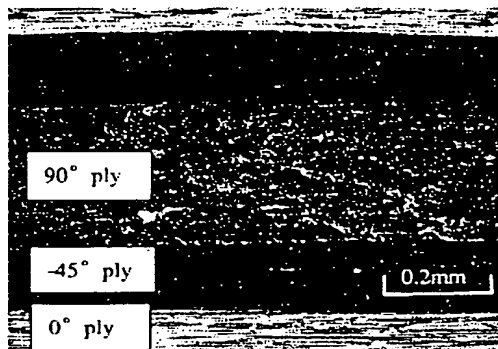
【図 5】



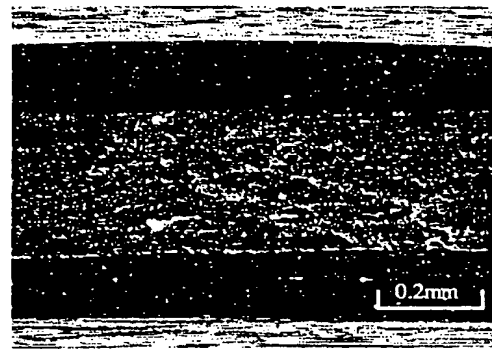
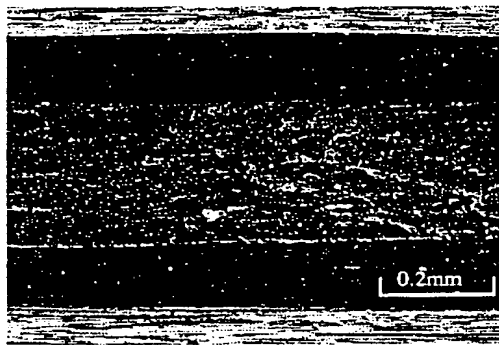
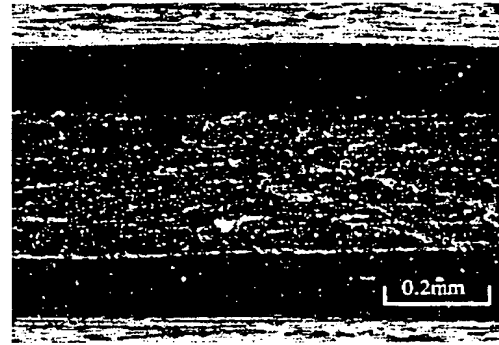
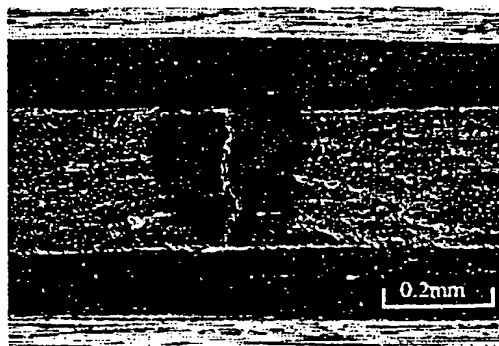
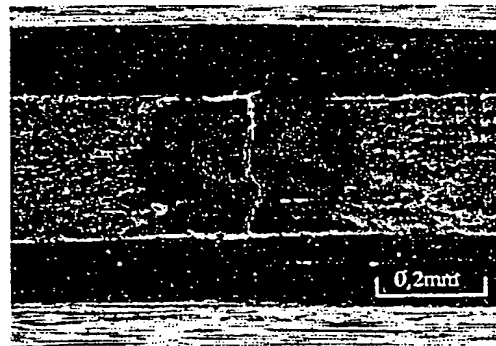
【図 6】



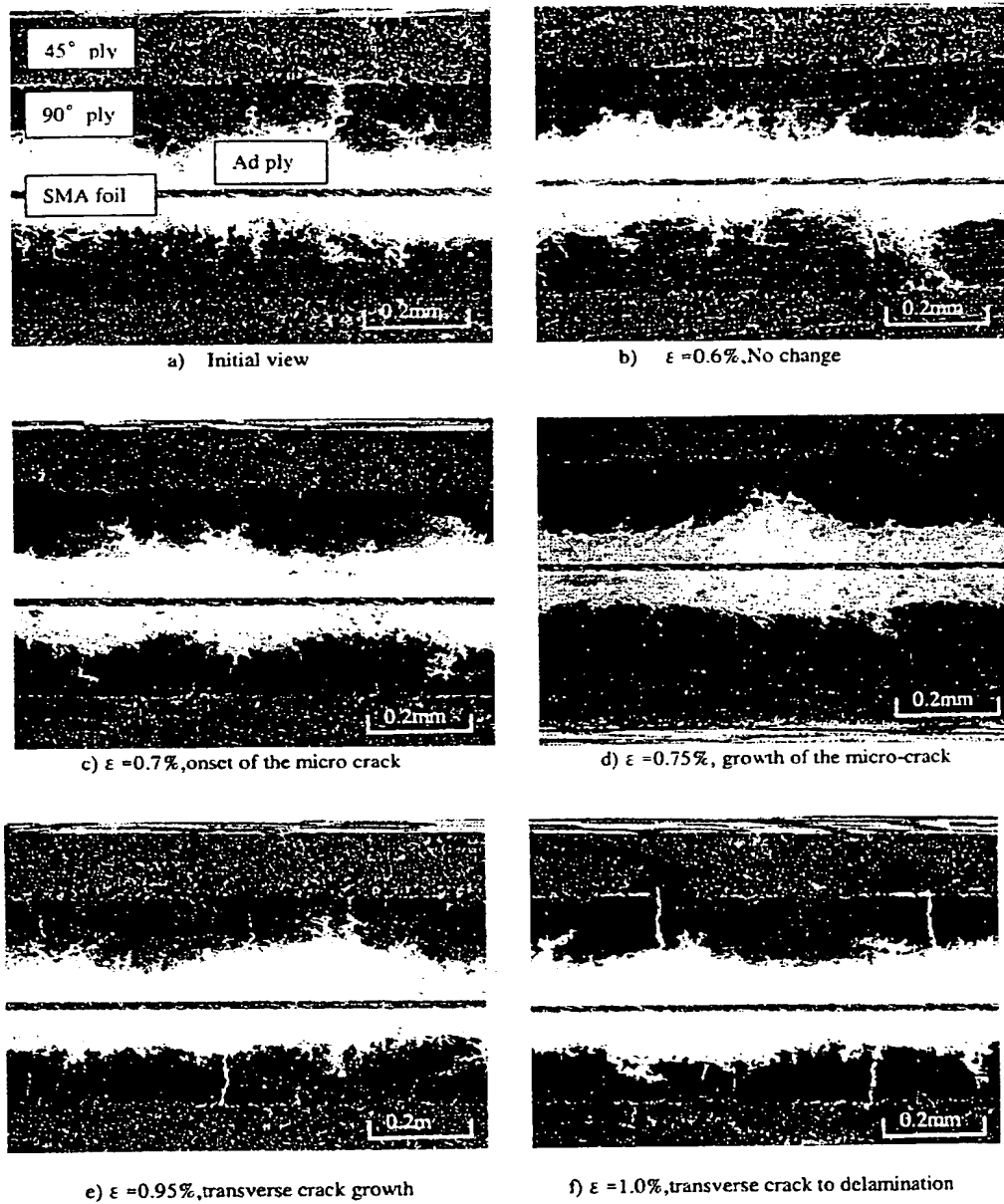
【図 7】



a) Initial view

b) $\epsilon = 0.5\%$, No changec) $\epsilon = 0.6\%$, generation of wrinkled) $\epsilon = 0.65\%$, onset of the micro-cracke) $\epsilon = 0.8\%$, transverse crackf) $\epsilon = 1.0\%$, transverse crack to delamination

【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の複合材よりも損傷抑制効果を向上させる。

【解決手段】 複合材（10）を、ひずみを与えられた形状記憶合金（SMA）箔で構成された金属層（1）と、この金属層（1）の両面にそれぞれ積層された樹脂層（2）と、樹脂層（2）に複数層にわたって繊維強化樹脂層（31～34）が積層された繊維強化樹脂層部（3）と、を備えて構成した。

【選択図】 図1

【書類名】 出願人名義変更届

【提出日】 平成15年 5月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2003- 57204

【承継人】

【識別番号】 000005348

【氏名又は名称】 富士重工業株式会社

【承継人代理人】

【識別番号】 100090033

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 博司

【承継人代理人】

【識別番号】 100093045

【弁理士】

【氏名又は名称】 荒船 良男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 027188

【納付金額】 4,200円

【提出物件の目録】

【物件名】 譲渡証書 1

【提出物件の特記事項】 手続補足書により提出する。

【包括委任状番号】 0018094

【プルーフの要否】 要

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 4
受付番号	5 0 3 0 0 8 2 8 0 2 1
書類名	出願人名義変更届
担当官	兼崎 貞雄 6 9 9 6
作成日	平成 1 5 年 6 月 2 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【承継人】

【識別番号】	000005348
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号
【氏名又は名称】	富士重工業株式会社

【承継人代理人】 申請人

【識別番号】	100090033
【住所又は居所】	東京都新宿区岩戸町 1 8 番地 日交神楽坂ビル 5 階 光陽国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	荒船 博司

【承継人代理人】

【識別番号】	100093045
【住所又は居所】	東京都新宿区岩戸町 1 8 番地 日交神楽坂ビル 5 階 光陽国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	荒船 良男

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 9 1 6 8 7 7 4]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 1 1 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門三丁目 2 5 番 2 号

氏 名

財団法人 次世代金属・複合材料研究開発協会

特願 2 0 0 3 - 0 5 7 2 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 3 4 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿一丁目 7 番 2 号

氏 名

富士重工業株式会社